Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.17, No.1, 1998

퍼지이론을 응용한 효율적 감성 수집과 분석에 관한 연구

A Study of the Effective Method for Collecting and Analyzing Human Sensibility Applied Fuzzy Set Theory

백 승 렬* · 박 범*

ABSTRACT

Product design and development is very important process in enterprise activities. Reducing development time and reflecting consumer's needs is required to product design and development for increasing benefit and decreasing cost. Human sensibility ergonomics is one of the important technology of R&D in product development. However, the subjective method of human sensibility ergonomics has several problems to analyze and to quantify experimental data and objective method of human sensibility ergonomics is still in process on study.

In this research, new analyzing method is proposed for the subjective human sensibility ergonomics applied with fuzzy set theory. What is the useful theory for controlling uncertain type of information like human mind? This approach is more effective method for analyzing consumer's needs for product design and development process. At collecting needs, certainty scale is added for adapting hedge of fuzzy function. Using a kind of union operator, synthesize each item to analyze identification of each item with fuzzy hamming distance. Identification of analysis is classified with the relational weight using Relationship Chart Method, and is drawn the relationship diagram for clustering each item. A case study with sample test is conducted and demonstrated with this suggested method for more effective way.

* 아주대학교 산업공학과

1. 서 론

산업기술의 급속한 발전에 따라 제품 개발 환경이 크게 변화 하고 있다. 이러한 변화들은 이제까지 행해오던 신제품 개발 방법에 새로운 변화를 요구하고 있다. 1990년대에 들어서면서 기업은 변화하는 제품 개발 환경에 대응하기 위한 새로운 많은 방법들을 시도하고 있다. 이러한 개발 환경의 변화에 따라 새롭고 혁신적인 제품 개발 프로세스의 도입과 컴퓨터의 활용이 두드러지게 나타나고 있고 감성공학 또는 Concurrent Engineering 프로세스 등의 구체적인 방법들이 적용되어 실시되고 있다.

이러한 새로운 프로세스의 일반적인 특성은 학제적(Multi-discipline)인 팀의 공동작업에 있어서 디자인의 목표를 프로세스 초기에 선정하고 이에 대한 문제점을 제품의 상품화 이전에 발견하고 그 해결 방법을 마련하는 것이다. 이러한 과정을 통하여 제품에 대한 소비자의 만족도 향상과 품질 향상을 도모한다.

본 연구에서는 다변량 해석형 감성공학 기법을 대상으로 효율적이고 정량적인 퍼지이론 응용 기법을 제시 함으로서 소비자 감성 수집 및 분석을 객관적으로 수행할 수 있게 하였다.

2. 감성분석 모델

현재까지의 감성공학은 SD법에 의한 주관적인 감성 측정이나 생리신호 측정에 의한 방법을 사용해 왔다. 그러나 SD법에 의한 감성의 수집과 요인분석이나 수량화 기법에 의한 분석인 주관적인 감성 측정은 조사당시의 소비자의 심리상태나 환경, 시간, 계절, 유행등의 외부 변수에 상당한 영향을 받고 있으나 이러한 noise의 대한 고려나 제거에 대한 아무런 연구가 없었다. 또한 생리신호 측정에 의한 감성의 분석은 측정 장비가 대부분 매우 고가(高價)이고 분석 기법에 대한 연구가 아직 미흡함으로 현재는 사용할 수 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 감성의 주관적인 측정 및 분석 방법에 대한 새로운 기법을 제안한다. 주관적이고 환경에 영향을 많이 받는 감성의 특성을 고려하여 외부 noise를 제거하기 위하여 퍼지이론을 응용하여 사용자의 감성을 수집 분석한다. 인간의 감성은 수시로 변화하고 또한 당시의 측정 값에 대한 확실성이 부족함으로 퍼지 이론을 응용하여 감성의 수집과 분석을 시도 한다면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그림 1은 연구에서 제안된 모델이고 다음은 제안된 모델의 프로세스이다.

Step 1. Input(a_i, b_i)

a = 소비자의 감성

b = 응답의 확실성

i = 1, 2, … n

n = 조사에 응한 소비자의 수

Step 2. Fuzzy function

if b = 1, concentration fuzzy function

if b = 2, normal fuzzy function

if b = 3, dilation fuzzy function

Step 3. fuzzy union

t-conorm 연산자

$$\perp(a, \quad b) = \frac{\sum_{1}^{n} \mu(x_i)}{n - \prod_{1}^{n} \mu(x_i)}$$

n = 조사에 응한 소비자의 수

(xi) = step i의 함수값

Step 4. Fuzzy relation Hamming distance

$$A \nabla B = d_{a,b} = \sum_{i=1}^{n} |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|$$

$x_i \in X$

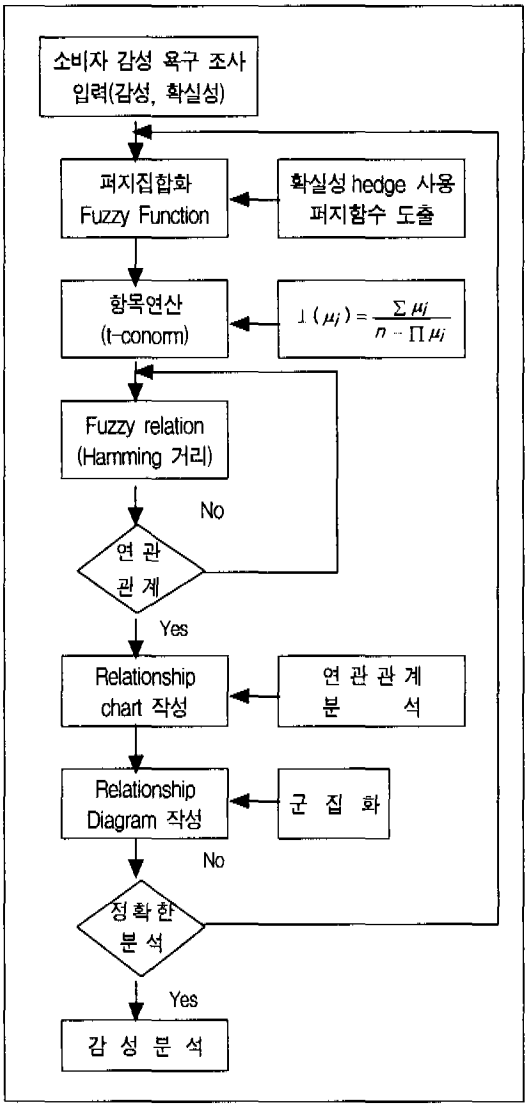

그림 1. 퍼지이론을 적용한 감성수집 및 분석 연구 모형

Step 5. Relationship chart 작성

if $d_{a,b} < 0.4$, $r_{a,b} = A$,

if $0.4 < d_{a,b} < 0.6$, $r_{a,b} = E$,

if $0.6 < d_{a,b} < 0.8$, $r_{a,b} = I$,

else, $r_{a,b} = X$

$r_{a,b}$ = relationship between fuzzy function a and b

$d_{a,b}$ = a와 b 문항의 퍼지 거리

Step 6. Relationship diagram작성

$r_{a,b}$이 I이상인 것을 추출하여 하나의 요인으로 가정

Step 7. 분석

가정된 요인의 소비자의 감성과 부합 여부 분석

응용된 감성 수집 설문지를 분석하기 위하여 새로운 방식의 감성 분석 기법을 제안한다. 이 기법은 퍼지 이론을 응용한 방법으로 기존의 수량화 방법이나 요인분석등의 기법으로는 인간의 감성을 정확하게 정량화 하기 어려운 면이 있으므로 이를 극복하기 위하여 소비자의 응답을 하나의 절대치로 보지 않고 하나의 집합으로 간주하고 분석을 실시 하는 기법이다. 이는 질문 당시의 응답자의 기분이나 성격등 개인적인 차이와 환경, 계절, 유행등 사회적인 차이에 따라 조금씩 달라질 수 있는 소비자의 감성을 고려하여 응답 좌우의 약간씩 오차를 가정하고 이를 퍼지 집합으로 구성하여 분석한다. 설문 조사시 사용되었던 5단계의 척도를 분석에 그대로 사용하기에는 척도간의 간격이나

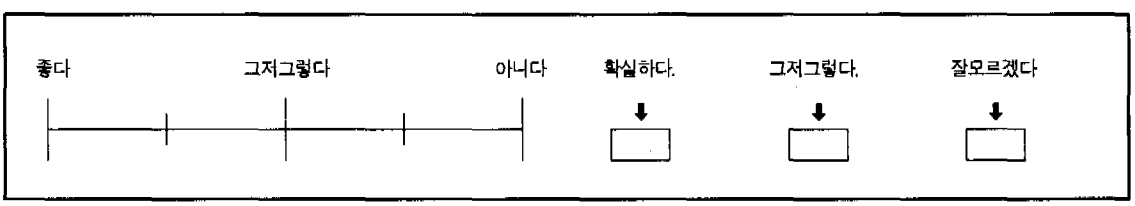

그림 2. 5점 척도 3단계 확실성 함수

척도의 수 등 여러 문제가 있으므로 분석시에는 각 단계 사이에 가단계(Dummy step)를 삽입하여 9단계로 세분하여 사용한다.

이것은 단계가 많을수록 피실험자는 혼란을 일으키고 단계가 적을수록 분석의 정도(精度)가 떨어지는 상호 배반적인 설문조사 기법의 단점을 보완하기 위해 사용한다.

피실험자의 응답을 퍼지 집합 형태로 수집을 하기 위해서는 퍼지이론의 응용이 필요하다. 응답을 한 항목은 퍼지 확률이 가장 높고, 좌우로 멀어질수록 퍼지 확률이 낮아지는 방법으로 피실험자의 응답을 퍼지 집합으로 수집할 수 있다. 이를 위해서 퍼지 함수와 헤지(Hedge)가 필요하다. 그림 2는 확실성 헤지를 수집하기 위한 설문지 모형이다.

이때, 사용하는 함수는 일반적인 삼각 퍼지 함수를 사용하고 각 항목의 확실성 척도를 헤지로 간주하여 이에 따라 다른 함수를 사용한다.

확실하다의 경우 응답된 항목의 좌우 하나씩 모

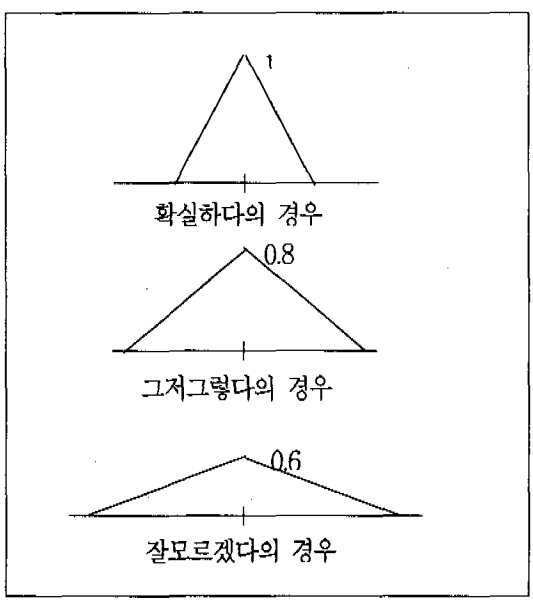

그림 3. 퍼지 집합

두 세개의 항목에 대한 집합을 구성하여 분석에 사용한다. 이와 마찬가지로 그저그렇다의 경우 응답된 항목에 좌우 두 단계의 항목으로 집합을 구성하고 잘 모르겠다의 경우 좌우 세단계의 항목을 집합으로 구성하여 자료를 수집한다. 또한 확실하다라는 응답의 경우 함수의 최대값을 1로 간주하고, 그저그렇다의 경우 최대값을 0.8로, 잘 모르겠다의 경우 0.6으로 한다. 이러한 방법은 헤지에 의한 집중화(Concentration)와 팽창화(Dilation)이다. 집중화는 개념이 확실할 경우 퍼지 확률이 0.5보다 낮은 요소의 퍼지 확률은 더욱 낮게 하고 0.5보다 높은 요소의 퍼지 확률은 더욱 높게 하여 퍼지 집합을 강화(Intensify)할 수 있다. 팽창화는 집중화와 반대로 개념이 불확실할 경우 퍼지 확률이 낮은 요소의 퍼지 확률은 높이고 퍼지 확률이 높은 요소의 퍼지 확률은 낮게 하여 애매(Fuzzify)하게 하는 것이다. [Kaufmann, 1975] 이 함수의 형태는 다음 그림 3과 같다.

수집된 감성은 퍼지 함수의 연산을 이용하여 분석 한다. 퍼지 함수의 연산에는 일반 집합의 연산과 마찬가지로 합집합과 교집합, 부분집합등 여러가지가 있으나 퍼지 집합의 특징을 살리기 위한 퍼지 집합 연산을 사용한다.

식 (1)의 퍼지 집합 연산을 사용하여 각 항목당 응답의 집합을 하나의 집합으로 통합한다. 하나로 통합된 각 항목별 퍼지 집합을 각 집합에 대한 내용의 차이를 분석하기 위하여 거리(distance)를 측정하여 분석한다

$$\perp(\mu_i) = \frac{\sum \mu_i}{n - \Pi \mu_i} \qquad (1)$$

이러한 퍼지 집합의 거리를 측정하는 척도는 여러가지가 있지만 본 연구에서는 해밍 거리(Hamming Distance)를 사용한다. 해밍 거리는

두 집합간의 Symmetrical Difference라고 부르기도 하며 연산자 , 또는 d(A, B)를 용하여 정의한다[Mcnill, 1994].

$$A \nabla B = d_{a,b} = \sum_{i=1}^{n} |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|$$
$$x_i \in X$$

해밍 거리를 이용하여 각 문항간의 거리를 측정하여 각 문항별 행렬을 작성한다. 이 행렬의 자료는 숫자가 작을수록 퍼지 집합간의 형상이나 크기가 비슷하다는 개념으로 0에 가까울수록 두 집합은 동질성이 높아지고 거리가 0이 될 경우 두 집합은 같은 것으로 판정된다.

그림 4는 해밍거리에 의한 연관성과 통합된 집

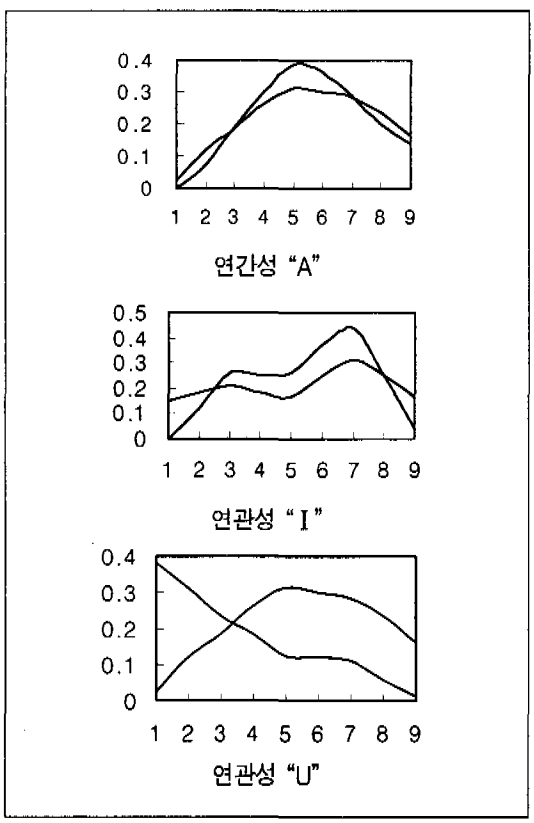

그림 4. 연관성과 통합된 집합

표 1. Relatonship의 분류

항 목	관 계
A	Absolutely necessary
E	Especially important
I	Important
O	Ordinary Closeness
U	Unimportant
X	Undesirable

합간의 관계를 보여주고 있다. 연관성이 높을수록 집합의 형태와 크기가 비슷함을 알 수 있다.

작성된 거리 행렬을 이용하여 Plant Layout이나 Material Handling에 사용되는 Relationship chart를 구성하여 각 항목간의 연관 관계를 분석한다.[Apple, 1977]

Relationship chart는 표 1의 등급에 따라 A, E, I, O, U, X등의 분류를 통해 복잡한 여러 항목들간의 연관 관계를 분석하여 관련성이 높은 항목을 중심으로 배치를 최적화 하는 기법으로 퍼지 집합의 거리 데이터를 적절한 범위로 나누어 분류하여 각 집합간의 연관 관계를 분석한다.

이러한 퍼지 집합의 거리에 의한 두 집합간의 동질성 파악 기법은 기존의 감성공학적 설문 분석 기법의 가장 큰 문제점이었던 ordinal scale을 통계적으로 분석하는 오류를 부분적으로 해결할 수 있다. 각 척도의 비율에 상관없이 함수의 형태를 비교하게 됨으로 척도의 차이가 있어도 형태나 성질이 유사한 항목은 유사 관계가 높은 것으로 파악 할 수 있다.

3. 실 험

소비자의 감성을 수집 분석하기 위하여 대상물

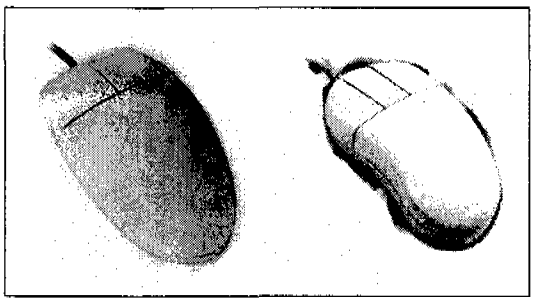

그림 5. 실험에 사용된 마우스의 사진

을 주변에서 쉽게 볼 수 있는 컴퓨터용 마우스를 선정하였다. 피실험자로는 평소 컴퓨터를 많이 사용하는 공과 대학에 재학중인 학생 20명을 대상으로 실시하였다.

서로 형태가 다른 2개의 마우스를 배열하여 놓고 하나의 마우스에 대하여 조사를 하여 대상에 대한 감성 디자인 요소를 파악하는 역향적 감성공학 조사 기법을 사용 하였다. 그림 5에 제시된 사진이 설문에 사용된 마우스이고 이중 오른쪽의 마우스를 대상으로 조사를 하였다. 우선 수집된 감성어휘에 대한 설문조사를 실시하여 요인분석과 개발된 기법을 적용한 분석을 병행하여 비교하였다.

설문조사에 사용된 형용사 어휘는 국어대사전을 검토하여 형용사 어휘중 마우스와 어울리는 형용사를 1차 추출하고 추출된 형용사를 바탕으로 감성공학에 대한 전문가 3인의 검토로 29개의 형용사를 최종 추출하였다.

추출 과정에서 대상 마우스의 특징을 잘 표현할 수 있고 피실험자들이 쉽게 표현할 수 있는 형용사로 선정하였고 또한 주로 시각적인 형용사로 선정하였다.

추출된 형용사는 다음 표 2와 같다.

수집된 감성어휘에 대한 자료를 집합의 연산 방법으로 각 감성어휘에 대하여 하나의 집합으로 통합 하였다.

표 2. 추출된 형용사

추출된 형용사(29개)
가늘다, 가볍다, 간단하다, 개성있다, 귀엽다, 균형있다, 깔끔하다, 깨끗하다, 넓적하다, 단순하다, 동그랗다, 단단하다, 매끈하다, 무난하다, 부드럽다, 세련되다, 실용적이다, 아담하다, 앙증맞다, 야무지다, 어울리다, 원만하다, 유치하다, 작다, 적당하다, 조잡하다, 평범하다, 편안하다, 허름하다

표 3. 통합된 퍼지 집합

Step / 문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.01	0.25	0.48	0.50	0.48	0.25	0.01	0	0
2	0	0.12	0.26	0.25	0.26	0.37	0.43	0.25	0.04
3	0.51	0.39	0.25	0.24	0.21	0.11	0.02	0.01	0
4	0.38	0.31	0.24	0.18	0.12	0.12	0.11	0.06	0.01
5	0.02	0.12	0.19	0.26	0.31	0.3	0.28	0.24	0.16
6	0.15	0.18	0.21	0.18	0.16	0.25	0.31	0.25	0.16
7	0.27	0.44	0.58	0.37	0.12	0.06	0.01	0	0
8	0.27	0.31	0.36	0.37	0.32	0.18	0.04	0	0
9	0	0	0	0.06	0.11	0.31	0.44	0.44	0.33
10	0.15	0.37	0.53	0.32	0.06	0.11	0.17	0.11	0.04
11	0	0	0.01	0.15	0.29	0.35	0.39	0.35	0.31
12	0.16	0.26	0.35	0.42	0.44	0.24	0.05	0.01	0
13	0.01	0.32	0.64	0.42	0.19	0.11	0.04	0.07	0.11
14	0.04	0.37	0.71	0.47	0.21	0.12	0.04	0.01	0
15	0.11	0.14	0.19	0.30	0.39	0.30	0.16	0.14	0.14
16	0.11	0.26	0.41	0.30	0.19	0.24	0.26	0.14	0.01
17	0.16	0.31	0.46	0.44	0.34	0.18	0.04	0	0
18	0.02	0.12	0.25	0.37	0.44	0.31	0.16	0.12	0.11
19	0	0.07	0.19	0.30	0.39	0.36	0.29	0.20	0.14
20	0.16	0.31	0.40	0.31	0.17	0.12	0.09	0.12	0.14
21	0.04	0.25	0.43	0.39	0.30	0.24	0.19	0.11	0.04
22	0.25	0.26	0.27	0.34	0.40	0.24	0.06	0.02	0
23	0	0.01	0.02	0.11	0.21	0.24	0.25	0.39	0.51
24	0.01	0.07	0.15	0.30	0.42	0.42	0.40	0.20	0.01
25	0.29	0.42	0.52	0.30	0.04	0.07	0.11	0.06	0
26	0.02	0.06	0.10	0.10	0.11	0.26	0.40	0.37	0.33
27	0.02	0.12	0.24	0.39	0.49	0.36	0.21	0.11	0.04
28	0.01	0.14	0.29	0.49	0.64	0.36	0.06	0.01	0
29	0.01	0.06	0.09	0.12	0.15	0.12	0.09	0.37	0.63

표 3은 퍼지 적용 감성 수집 및 통합 기법을 적용하여 조합된 감성어휘별 집합이다.

통합된 어휘별 집합에 대한 해밍거리를 구하여 각 감성어휘별 연관성을 분석하였다. 해밍 거리를 산출해 본 결과 각 어휘집단의 거리가 0.6 이하인 경우 집합의 형태나 크기가 거의 유사한 것으로 나타나 크기가 0.6이하인 감성어휘를 공통된 감성으로 파악 하였다.

공통된 감성으로 판정된 어휘를 Relationship Diagram을 그려본 결과 다음 표 4와 같은 요인으로 군집화 할 수 있었다. 표 5는 요인분석을 수행한 결과로서 관련이 없는 어휘가 하나의 요인으로 군집화 되었으나 개발된 기법으로 분석된 요인은 관련성이 큰 요인이 하나의 요인으로 군집화 된 것을 알 수 있다. 표 4의 요인의 순위는 해밍거리의 평균이 작은 것부터 우선되는 감성요인으로 본 것 이다. 전체 감성 어휘들중 요인으로 형성되지 못한 어휘, 즉 소비자의 공통된 감성이 존재하지 않는 어휘는 group에서 제외 되었다.

표 4. 제안된 기법 결과

요인 1	요인 2	요인 3	요인 4	요인 5
가볍다 귀엽다 앙증맞다 작다	깨끗하다 단단하다 실용적이다 원만하다	깔끔하다 단순하다 적당하다	단순하다 세련되다 야무지다	유치하다 허름하다

표 5에 제시된것과 같이 요인분석의 결과로는 요인 1에 11개의 형용사가 그룹화 도어 있으나 이중에는 상당수가 새로운 그룹으로 분할될 가능성이 있는 어휘들이다. 그러므로 관련성 없는 형용사들을 제거하는 일련의 절차가 필요함으로 전문가의 주관이 상당히 작용하였으다. 그러나, 제안된 기법을 적용한 결과를 분석하면 4개 이내의 어휘로 요인이 그룹화 되어 관련성이 없는 형용사의

표 5. 요인분석 결과

Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
세련되다 평범하다 귀엽다 앙증맞다 어울리다 아담하다 실용적이다 무난하다 깨끗하다 단순하다 간단하다	개성있다 조잡하다 균형있다 넓적하다 작다 적당하다 매끈하다 야무지다	단단하다 깔끔하다 동그랗다 가볍다 가늘다 유치하다	부드럽다	원만하다	허름하다

구분이 필요 없어 비 전문가라도 쉽게 소비자들은 컴퓨터용 마우스는 가볍다, 귀엽다, 앙증맞다, 작다라는 개념을 선호하는 것으로 분석 할 수 있다. 또한 표 3에서 보여지는 것 처럼 각 집합의 형태를 통하여 그 어휘에 대한 소비자들의 선호도 정도를 쉽게 분석할수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 퍼지 이론을 적용하여 일반적인 감성공학의 접근 방법으로는 분석하기 어려운 인간의 불확실한 감성을 고려하는 기법을 제안하였다. 이 기법으로 불확실한 응답을 확실성 척도를 이용함으로서 filtering할 수 있다. 또한 퍼지 집합을 응용하여 집합으로 감성을 수집하여 집합의 형태에 따른 연관성으로 분석함으로서 ordinal scale의 한계를 극복할 수 있고, 간단한 수학적인 지식만 있으면 분석이 가능하여 비전문가의 분석이 어렵다는 기존의 감성공학의 단점을 해소 할 수 있다.

이 기법은 모든 응답을 불확실한 사항으로 가정하고 분석을 실시하여 확실한 응답과 불확실한 응

답을 세가지의 기준으로 나누어 분석을 실시하였으나 이러한 기법 또한 응답의 확실성을 정확하게 분석을 하기란 불가능하고 무성의한 응답이 있는 경우에는 기존의 기법과 마찬가지의 단점을 안고 있다. 그러므로 인간의 다양한 감성과 불확실한 여러 기준들을 모두 고려한 기법의 개발이 필요하다. 향후 연구 과제로 각 문항의 중요성에 대한 가중치와 질문의 추상성에 대한 가중치를 고려한 다양한 기준에 의한 감성 분석 기법의 개발이 필요하다. 또한 무성의한 응답이나 거짓된 응답 등의 이상치 데이터를 선별할 수 있는 기법의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] S. Y. Paik, Peom Park, "A Research for the Product Design and the Evaluation applied with Human Sensibility Ergonomics," 대한산업공학회 '96 춘계학술대회 논문집, 공군사관학교, pp.411~415., 1996. 4. 26

[2] A. Afifi, Computer aided Multivariable Analysis, Lifetime Learning Publication, 1984

[3] Apple, J. M., Plant Layout and Material Handling, Wiley & Sons, pp203~209, 1977

[4] Danie Mcneil, Fuzzy Logic, Touch stone, 1994

[5] Doblin, Jay, Information and Design in the Information Evaluation, Alfred A. Knopt, New York, chap.2~5, 1985

[6] Harry H. Harman, Morden Factor Analysis, The University of Chicago Press, chap.4, 1976

[7] Kaufmann, A., Introduction to the theory of Fuzzy Subset, Academic Press, chap.3~5, 1975

[8] Mcnill, D., Freiberger, P., Fuzzy Logic, First Touchstone Edition, 1994

[9] Roozenburg, N.F.M. & Eekels, J., Product Design : Fundamentals and Methods, John Wiley & Sons : New York, pp.60~63, 1995

[10] Robert W. Proctor-Trisha Van Zandt, Human Factors in Simple and Complex Systems, Allyn and Bacon, 1994

[11] S. Y. Paik, Peom Park, P. J. Jeong, "A Study on the Human Sensibility Cognition for the Development of Household Electronic Appliance", The 37 JERS Annual Conference, Tokyo, Japan, Vol 32., pp.12~16., 1996. 5.19.

[12] Zadeh, L. A., Probability Measures of Fuzzy Events, Journal of Mathmatical Analysis and Application, No.23, pp. 421~427, 1968

[13] Zimmerman, H. J., Fuzzy Sets theory and its Applications, Kiuwer-Nijhoff Publishing, 1985

[14] Zimmerman, H. J., et al, Fuzzy sets and Decision Analysis, North-Holland, 1984